International Journal of Science and Research (IJSR)
ISSN: 2319-7064 SJIF (2022): 7.942
http://qt.promci.qc.ca/QTPapiers/SR231207062842Fra.pdf https://www.ijsr.net/archive/v12i12/SR231207062842.pdf

Quasiturbine : Principes Fondamentaux du Comportement des Composants Internes et Compression Éclair de Détonation pour Récupération Précoce d'Énergie

Gilles Saint-Hilaire Ph. D.[1], Roxan Saint-Hilaire MBA[2], Ylian Saint-Hilaire M. Sc.[3], Françoise Saint-Hilaire M. Let.[4]

[1, 2, 3, 4] Quasiturbine Académie, Montréal, Québec, Canada
Email: *gilles[at]saint-hilaire.com*

Résumé : ***La Quasiturbine déformable repose sur un rotor en losange déformable presque homo-cinétique, parfaitement équilibré, sans mouvement de masse radial et extension de joint de contour presque imperceptible, pour une densité de puissance et une efficacité à faible régime et à couple élevé. Le présent travail analyse une étude de cas QT-SC déformable modéré (sans chariot), avec sa séquence de conception commençant par les tailles des composants physiques, la sélection du rapport de déformation maximal (modéré) du rotor MRDR et les paramètres supplémentaires d'entrée et de calcul du profil de confinement du stator. À partir des propriétés de base de la pale, les comportements des composants sont analysés en fonction du temps de position, de volume, de vitesse et de couple et d'énergie incrémentiels sur l'ensemble d'une course motrice. Il est montré que les pales tournent à vitesse tangentielle sur un cercle parfait à une vitesse de rotation +/- 30 %, avec les points centraux des pales divergeant de manière sinusoïdale +/- 8,5 degrés en accord avec de simples corrections différentielles lors de l'utilisation d'un arbre central. Cela confirme également que l'inertie du rotor est constante et agit comme un volant d'inertie conventionnel, et que les forces centrifuges ne posent aucun problème dans la déformation du rotor en losange QT. Les comparaisons sont présentées à l'aide d'un modèle mathématique statique de piston 3R+/-1R en mode détendeur à pression constante. Le travail couvre également l'étude de cas de détonation QT-AC (avec chariots, ayant des distances de joints de contour variables) qui par opposition au piston handicapé par sa faible fluidité de mouvement avec la plage de vitesse des composants et les variations d'accélération-décélération où la détonation rapide se produit dans une zone de repos du piston, la Quasiturbine à détonation homo-cinétique QT-AC est dotée d'un ensemble de pales de rotor sur des chariots tournant sans arrêt à +/- 30 % du régime constant, la détonation se produisant dans la zone de déplacement de pale la plus rapide. La détonation impose également pour l'efficacité, car les carburants modernes, notamment l'hydrogène, ont tendance à brûler plus rapidement dans certaines conditions. Une variation sensiblement différente du volume de la chambre QT-AC est également comparée à un modèle mathématique statique de piston.***

Remarque : Cette divulgation scientifique ne constitue pas une autorisation de fabrication commerciale.

Mots clés : Quasiturbine ; Moteur rotatif ; Machine à vapeur; Moteur à détonation ; Détendeur rotatif

1. Quasiturbine en contexte paradigme

1.1 Introduction

La Quasiturbine QT est un rotor en losange déformable à 4 faces tournant dans un stator de confinement approprié, lequel stator comporte 2 ensembles de chambres diamétralement opposées, l'une avec un volume maximum au RPM et l'autre avec un minimum au TDC, produisant un total de quatre 4 cycles de courses (16 courses) par rotation, et convient comme pompe, compresseur, détendeur de vapeur ou de gaz et moteur, comme rapporté dans la littérature sur les moteurs [1]-[6]. Contrairement au rotor à palettes où le couple est produit par une pression tangentielle sur un joint à contour étendu, les joints à contour QT ne bougent pas de manière perceptible et le couple résulte de la composante tangentielle de la pression exercée sur toute la surface de la pale (et non sur les joints étendus). En voyageant le long du stator interne, chaque pale visite en un tour 2 chambres à volume minimum au TDC, entrelacées avec 2 chambres à volume maximum au BDC comme décrit dans plusieurs articles techniques [7]-[11] y compris par les présents auteurs [12]-[15]. De nombreuses applications pertinentes ont été suggérées et documentées par les innovateurs [16]-[20]. Enfin, certains magazines publics spécialisés ont publié des articles informatifs sérieux sur la technologie Quasiturbine [21]-[24].



Figure 1 : Modèle de Quasiturbine QT-SC (sans chariot) avec rotor 4 pales, joints Contour, roulement de roue Support de pale et différentiel d'arbre [15]. Stator en mode détendeur avec entrées et grands orifices d'échappement, y compris des couvercles latéraux.

Dans la Quasiturbine QT-SC, le rotor se met en configuration carrée 4 fois par rotation, et autant de fois en forme de losange déformé, les 2 jeux de pivots de losange opposés formant à tout moment un système de référence orthogonal, et ce groupe des pivots tourne à une vitesse angulaire constante RPM, quel que soit le rayon en constante évolution. En quelque sorte réciproquement, chaque milieu côté losange (centre de la pale Bc) se déplace sur un cercle de rayon constant (pas de mouvement radial de masse).

1.2 Quasiturbine: Au-delà du dilemme centrifuge ?

Imaginons un rotor losange à 4 faces en configuration carrée tournant dans l'espace libre (pas de stator). Le losange carré se reflète simultanément sur ses deux diamètres de rotor et les deux, les variations du moment d'inertie et la force centrifuge s'annulent simultanément, mais est-ce un état INSTABLE si le losange se déforme légèrement ? Les faits sont que la déformation en losange étendra vers l'extérieur 2 pivots opposés et rétractera vers l'intérieur les 2 autres pivots opposés. Bien sûr, les forces centrifuges auront tendance à séparer le Rotor en 2 parties le long de l'axe longitudinal étendu (ce qui sera empêché par les charnières de la Pale), mais les forces centrifuges accéléreront-elles la déformation du Rotor ou non ?

La physique enseigne à considérer uniquement les centres de rotation et les centres de masse, quelles que soient les formes et l'orientation des objets. Le rotor QT-SC est constitué de 4 pales dont les centres de masse Bc sont situés simultanément aux coins d'un rectangle et sur une circonférence, à égale distance du centre de rotation, formant 2 paires opposées de masses mutuellement équilibrées quelle que soit la Déformation en losange. La réponse réaliste est : STABLE. La déformation ne détruit pas la symétrie du miroir selon l'axe du losange, elle ne fait que les 2 axes de longueurs différentes. La symétrie autour du point central de rotation et le rayon constant sont les seuls paramètres à considérer. Si l'orientation de la masse n'est pas un objet selon la loi de cette physique, cette même loi n'a aucun effet sur l'orientation de l'objet. Dans cette géométrie, il existe des forces centrifuges, mais la déformation du losange n'est pas affectée par les forces centrifuges quel que soit le niveau de déformation, ni si elle se trouve dans l'espace libre ou dans un stator. Étant donné que la configuration en losange carré est stable non seulement dans l'espace libre, elle devient la référence stable pour les transitions QT entre les courses successives du moteur. Du « concept impossible » à la réalité, la Quasiturbine offre son lot de caractéristiques uniques et exceptionnelles.

1.3 Propriété du Losange

Le Rotor Quasiturbine est une forme carrée déformable (Losange) composée de 4 côtés (Pales) reliés à leurs deux extrémités par des Pivots à charnière, et où le Pivot peut avoir un diamètre physique autour de son centre. Les diamètres centraux traversant des paires de pivots opposés Pc sont de longueur égale uniquement lorsqu'ils sont dans la configuration carrée. Lors de la déformation du losange (rotor), si un diamètre augmente, l'autre se raccourcit, mais le plus important : les diamètres des deux pivots restent orthogonaux à tout moment, quel que soit le niveau de déformation du rotor et leurs 4 angles à partir de l'intersection centrale font face à un côté losange. De même, les 2 paires d'angles de coin en losange opposés font 90 degrés uniquement en configuration carrée, et si une paire augmente, l'autre diminue. Lorsqu'une paire de pivots se déplace radialement vers l'intérieur, l'autre paire se déplace vers l'extérieur. Les points centraux internes du losange Bc au milieu de la pale ne forment pas un losange à l'intérieur du losange, mais plutôt un rectangle dont les diamètres sont les bras centraux traversants et qui ne sont orthogonaux que lorsqu'ils sont en configuration carrée. Au fur et à mesure que le losange se déforme, ces centres Bc du milieu de la pale forment les coins d'un rectangle et se déplacent sur un cercle parfait, plus pratique que les pivots à rayon changeant pour la fixation du différentiel de l'arbre central afin d'obtenir un régime constant et fluide avec le rotor.

Dans cette géométrie, il existe des forces centrifuges, mais elles n'ont aucun effet sur la déformation du rotor, il n'est donc pas nécessaire de concevoir QT avec des pivots de petite taille et pesant peu (voir Pivot de taille de charnière QT-SC), car aucune force centrifuge ne risque de produire une pression excessive sur les joints de contour à un régime élevé. Puisque tous les centres de masse des pales Bc tournent sur un cercle parfait et simultanément sur les coins du rectangle interne du losange, il n'y a pas de mouvement radial de masse, et par conséquent pas de variation de la force centrifuge. Vu autrement, comme l'ensemble du rotor reste parfaitement équilibré à tout moment, il n'y a pas de conséquence centrifuge. Alors que dans certaines zones du rotor, le rayon des pivots augmente, simultanément dans d'autres zones entrelacées, le rayon du pivot diminue, ce qui s'annule à nouveau, et tous les pivots du rotor Pc tournent à la même vitesse angulaire RPM, mais pas à la même vitesse tangentielle.

Le rapport de déformation maximal du rotor QT MRDR est un paramètre fondamental de conception QT qui a un impact sur le déplacement positif total du dispositif et sur l'excentricité du stator. Pour tous les niveaux de déformation du rotor, le losange présente une symétrie parfaite simultanément à travers le point central du rotor et à travers (miroir) chaque diamètre. Du point de vue du rotor du moteur, cela signifie que tous les pivots Pc tournent à la même vitesse angulaire (degrés/sec.) à régime constant, mais bien sûr pas à la même vitesse tangentielle (cm/sec.) car les pivots peuvent avoir des rayons différents. A l'inverse, pour faire tourner le Rotor Losange à RPM constant, il faut le faire angulairement au niveau des Pivots Pc quelle que soit leur position radiale. Au moins deux systèmes de références orthogonaux sont nécessaires pour décrire la Quasiturbine, tous deux coïncidant au centre du dispositif, un fixe fixé au Stator, et un pivotant réalisé avec les diagonales du Rotor Losange passant par leurs pivots opposés (toujours orthogonaux peu importe le niveau de déformation du rotor (losange) et en rotation avec les parties centrales du dispositif.

1.4 Quasiturbine Séquence du Design

Il n'existe pas de solution générale de rotor QT pouvant s'adapter à une forme arbitraire de contour de stator, et inversement, le rotor seul ne détermine pas une seule solution de contour de stator. Dans un premier temps, le rotor impose ses caractéristiques à un sous-ensemble infini de formes de stator possibles, et plus tard, c'est la solution de stator choisie qui impose sa contrainte à la conception de la forme externe des pales du rotor pour un taux de compression optimal, ou autres.

Une fois que la longueur des pales du rotor (pivot à pivot côté losange) est sélectionnée, le diamètre de la taille du pivot d'extrémité des pales et le rapport de déformation maximal du rotor MRDR sont définis (déplacement positif total du dispositif), puis un ensemble de 8 points de stators sont automatiquement définis (4 aux deux diagonales du losange carré et 4 aux deux diagonales déformation MRDR maximale du rotor losange). Il a été démontré [13] que ces 8 points ne sont pas sur une ellipse et que la symétrie du stator est uniquement autour du point central du rotor (Attention, ne réfléchissez jamais le stator sur l'axe X ou Y !). De plus, ces 8 points du rotor permettent de définir 4 sections (branches) de rotor entrelacées dessinées par le concepteur du moteur, chacune symétrique par le centre du rotor et imagée par la fonction de transformation du rotor.

1.5 Nécessité d'une analyse par désassemblage

Les versions de Quasiturbine adaptées aux moteurs à carburant sont les modèles Combustion QT-SC (sans chariot, avec séparation des joints à contour fixe) et Détonation QT-AC (avec chariots, avec séparation des joints à contour variable). Au cours des 20 dernières années, les caractéristiques de la Quasiturbine ont été largement revues [1]-[7] avec peu de tentatives pour les désassembler. Les caractéristiques résultant du comportement des composants internes sont : Aucun mouvement radial de masse ; Parfaitement équilibré ; Rotation libre harmonique ; Pas besoin de volant d'inertie supplémentaire ; Homo-cinétique ; Combustion continue ; Densité de puissance élevée ; Déplacement dépassant son propre volume moteur ; Léger et compact ; …

2. Autopsies Quasiturbine QT-SC

2.1 QT-SC Plan de l'étude de cas

Cet article décrit un cas de référence de conception QT-SC, avec une sélection modérée des paramètres de conception pour offrir une amélioration sensible du moteur à combustion interne, tout en respectant la plupart des préoccupations pour les applications telles que les pompes, les détendeurs ou les compresseurs. Dans ce travail, les composants individuels de la conception de l'étude de cas QT-SC sont disposés en intervalle de 15 degrés d'angle du pivot losange « avant » sur la fig. 2. À partir des caractéristiques et propriétés de base de la pale, les comportements des composants sont analysés en fonction du temps en termes de position, de volume, de vitesse, de couple et d'énergie incrémentiels sur toute une course motrice. À l'aide d'un modèle mathématique de piston statique 3R+/-1R en mode détendeur à pression constante, des comparaisons sont présentées pour une course de puissance complète en tant que variation du volume de la chambre, capacité de conversion incrémentielle du couple et de l'énergie. L'ouvrage présente également l'étude de cas Détonation QT-AC (avec chariots), sachant que le Piston est handicapé par sa faible fluidité de mouvement avec des plages de vitesse extrêmes des composants et des contraintes d'accélération-décélération. Le centre Bc du milieu des pales de la fig. 2 se déplace le long d'un cercle (non physique), tout en étant les coins du rectangle interne du losange. La conception et la disposition de QT font des références fréquentes au losange « Centre de pivotement avant Pc » de repère consécutif de 15 degrés, tandis que le « Centre de pale médiane Bc » est à une distance angulaire variable. Parmi les premiers paramètres de conception retenus :

• Premièrement, le taux de déformation maximal du rotor MRDR est le plus fondamental pour établir le déplacement positif du QT ; elle a également un impact direct sur l'excentricité, la forme du confinement ayant son propre ensemble de paramètres de calcul [13].

• Deuxièmement, la conception de la charnière Pivot Pc n'est pas sensible à la taille et à la masse.

• Troisièmement, préserver l'espace libre du rotor central, si le diamètre du pivot Pc conçu est suffisamment petit pour ne pas atteindre le cercle central de la pale Bc pendant le mouvement de pivotement vers l'intérieur (voir Pale 90 à 270 degrés).

• Quattro, le rotor sera-t-il entraîné à RPM constant par ses Pivots Pc (qui sont à vitesse angulaire constante, mais pas à rayon constant) ou par un différentiel passant par le centre Bc des pales (sur un cercle à rayon constant, mais à vitesses angulaires variables); Les bras transversaux perpendiculaires possibles (demi-diamètre ou diamètre complet) sont montrés attachés aux points de la pale Bc sur la fig. 6.

2.2 QT Pc-Bc Points de Reference de Pale

Pour la discussion des figures 2 et suivantes, il est essentiel de se concentrer sur la position de deux points de référence majeurs de la pale de QT. Tout d'abord, à chaque pivot en losange du rotor, et en particulier pour chaque pale, le centre de pivot Pc « avant dans le sens inverse des aiguilles d'une montre » Pc (sélectionné arbitrairement, car le centre du pivot arrière aurait pu être choisi avec la même présentation valide). La longueur de la pale correspond à la distance fixe d'un pivot à l'autre pendant la rotation, tandis que les positions radiales des pivots continuent de changer individuellement vers l'intérieur et l'extérieur le long de la forme du stator.

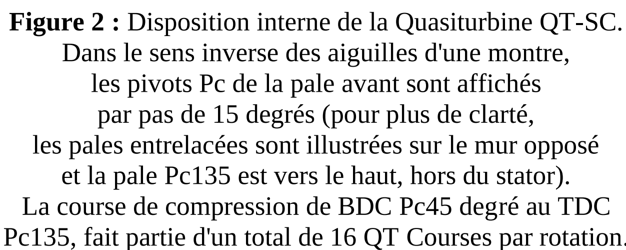


Figure 2 : Disposition interne de la Quasiturbine QT-SC. Dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, les pivots Pc de la pale avant sont affichés par pas de 15 degrés (pour plus de clarté, les pales entrelacées sont illustrées sur le mur opposé et la pale Pc135 est vers le haut, hors du stator). La course de compression de BDC Pc45 degré au TDC Pc135, fait partie d'un total de 16 QT Courses par rotation.

Également sur la figure 2, les points de référence médians de la pale Bc du QT sont importants. Contrairement aux distances fixes entre les pivots séquentiels Pc, en raison de la déformation en losange, la distance entre deux points centraux consécutifs de la pale Bc ne cesse de changer au cours de la rotation, ce qui implique des variations de la vitesse tangentielle relative de la pale, chaque ensemble opposé allant alternativement de plus en plus lentement. Cependant, ces points Bc du centre de la pale sont les coins du rectangle interne du losange et se déplacent le long d'un cercle concentrique du rotor à un rayon constant. La distance Bc le long du cercle n'étant pas constante, ils ne font pas partie d'un système d'axes orthogonaux (Les 4 points Bc médians des Pales n'étant orthogonaux que lorsque le Losange se met en configuration carrée, 4 fois par rotation).

2.3 Schéma Descriptif

La figure 2 présente en haut, des pales QT de longueur unité de pivot à pivot, dont les pivots ont un diamètre circulaire de 0,2 unité. Chaque pale comporte 2 points de référence importants et visibles, leurs pivots Pc et le centre Bc de sa pale. Plusieurs modèles de charnières sont possibles, celle présentée étant simultanément féminine et masculine, mais non spécifique à la présentation. Un jeu de 4 pales est assemblé pour réaliser un losange déformable agissant comme rotor, dont le taux de déformation maximal du rotor MRDR (le petit losange pivote de diamètre sur les grands) a été sélectionné pour être de 0,752 pour le modèle QT-SC. Lors de l'ajout du diamètre du pivot à la longueur de l'unité, son MRDR dicte que le rapport d'excentricité du diamètre du stator soit de 0,779 (légèrement différent du MRDR). Les contraintes précédentes ne sont pas suffisantes pour définir de manière unique la forme du contour du stator, ce qui nécessite en outre la saisie de branches de contour [13] conditionnées par les objectifs opérationnels cibles du dispositif. Le QT-SC était destiné à avoir une excentricité modérée du rotor et du stator, avec une forme de stator aussi proche que possible de l'ellipse (ce qui ne peut pas être une solution exacte).

Sur la fig. 2, une première pale Pc45 a été positionnée sur le côté droit afin de confiner le plus grand volume de chambre au sein de la pale et de la paroi de contour, équivalent au Piston BDC (Bottom Dead Center). Dans le sens inverse des aiguilles d'une montre à partir de Pc45, le volume de la chambre diminue jusqu'au minimum à Pc135, l'équivalent de la course de compression du piston jusqu'au TDC (Point Mort Haut). Entre et pour chaque position des pales « avant » de 15 degrés, un ensemble complet de pales a été dessiné (pour plus de clarté, les pales manquantes sont positionnées dans la paroi opposée du stator et la pale Pc135 a été translatée vers le haut à l'extérieur du stator).

En configuration Rotor Losange carré, la disposition montre une différence de 45 degrés entre Pc45 et Bc0.0, et la même entre Pc135 et Bc135. Cependant, cet angle n'est pas constant lorsque Bc se déplace de 0 à 90 degrés, comme le montre l'ensemble des petits vecteurs, cet angle est différent, retardant initialement jusqu'à Pc 45 degrés et rattrapage ensuite lorsque Bc atteint 90 degrés à Bc135. Le mouvement Bc détaillé révèle une variation de vitesse de rotation et une différence de phase par rapport aux Pivots Pc, comme détaillé ci-dessous. Sur la gauche de la fig. 2, une ligne de surface de pale partant du cercle de pivot Pc135 descendant vers le bas permet de visualiser la partie de la pointe de pale Pt90 qui dépasse la taille du rotor en configuration carrée, qui est d'exactement un diamètre de pivot Pc, et à laquelle temps dans la rotation, la pointe du Pc90 est vers l'intérieur du même montant. Localiser simultanément les extrémités des pales dans et hors de la piste n°1 est un choix arbitraire du concepteur (voir fig. 6).

3. QT-SC Comportement Interne

3.1 Conventions arbitraire "AVANT" Pivot et plus

La direction vers un pivot fait partie d'un système de référence orthogonal qui tourne à un régime de rotor constant. Le sens de rotation dans le sens inverse des aiguilles d'une montre est arbitraire, tout comme la sélection du pivot « avant » utilisé pour positionner les pales dans le rotor. En ce qui concerne le comportement des composants QT, les termes accélération et décélération font référence aux pales Bc au sein d'un rotor tournant à régime constant, et non à une variation de vitesse du rotor lui-même. À propos des modes d'expansion et de pompe, lorsque le rotor est au repos exactement sur le TDC et qu'une pression est appliquée, le couple avant et arrière s'annule. Diviser la surface de la pale par une ou plusieurs petites protubérances successives à peine visibles sur la figure 1 produira (au moins à un échelon de pression appliqué) un couple de démarrage de la demi-pale à partir du repos, proportionnel aux différences entre le rayon avant moins le rayon. au milieu de la pale. Ce n'est pas tout à fait arbitraire mais cela mérite d'être mentionné.

3.2 Point Milieu de la Pale Point Bc

Sur la figure 2, la pale Pc45 est verticale et son centre de pale Bc0,0 est sur l'axe X à zéro degré. Le centre de pivot avant Pc et les centres médians des pales Bc sont numérotés selon la position de leurs angles. D'après les propriétés géométriques du losange, tous les centres de pale Bc sont simultanément les coins du rectangle interne du losange et se déplacent selon un cycle. Cependant, si tous les pivots « avant » Pc sont à des distances angulaires égales de 15 degrés, les intervalles d'angle Bc ne sont pas égaux, sauf en Pc45 et Pc135. Par rapport à l'axe X, Bc est en retard jusqu'à – 8,5 degrés à mi-course et récupère + 8,5 degrés dans la dernière jambe, pour cibler 90 à Pc135.

En nommant et en positionnant la pale avec l'espacement angulaire des pivots avant, s'assurez qu'ils sont espacés angulairement et dans le temps en fonction d'un régime constant. Cependant, une autre façon (et parfois plus pratique) de positionner les pales sur un diagramme et de discuter de leurs caractéristiques consiste à se référer aux angles Bc du centre de la pale, qui ne sont pas angulairement équidistants. Tous les angles sont mesurés à partir de l'axe X zéro, et il existe bien sûr une correspondance bidirectionnelle entre l'angle Pc et l'angle Bc. L'un des défis du rotor QT est de créer une géométrie de rotor déformable pour tourner à une vitesse angulaire constante et douce du Rotor Pivots Pc. Les centres des pales Bc se déplacent selon un cycle parfait et semblent très pratiques, c'est pourquoi connaître la correspondance entre l'angle Bc et l'angle Pc est important pour les composants centraux.

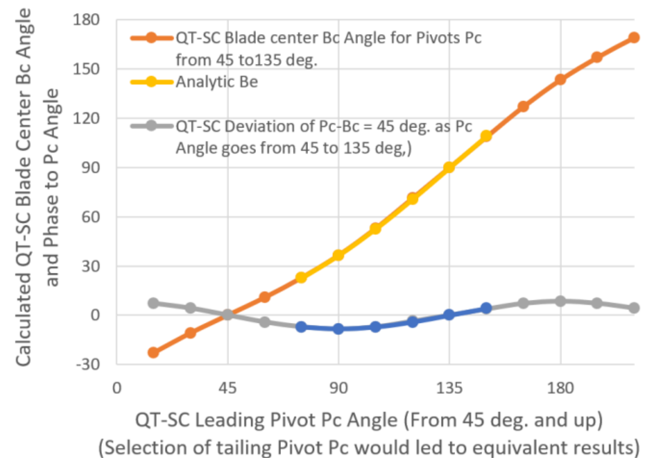


Figure 3 : Angle Bc des pales de la Quasiturbine QT-SC de Pivot Pc Angle pour une demi-rotation.
La différence entre Pc45 et Bc0,0 degrés est de 45 degrés modulés en rotation par un déphasage jusqu'à +/- 8,5 deg.

Étant donné que les points de la pale Bc ne sont pas angulairement équidistants, la correspondance avec la vitesse angulaire des pivots Pc n'est pas linéaire, comme le montre la figure 3, ce qui signifie que la vitesse tangentielle instantanée QT Pale Bc de chaque pale varie pendant la rotation du rotor. L'angle de phase ne doit pas être confondu avec la vitesse tangentielle. Quelques points discrets suffisent pour cette explication, mais une courbe analytique est utile lorsqu'il s'agit de composants internes tels que les bras de croisement de puissance centrale pour le modèle QT-SC : correspondant à PcAngle :

BcAngle = (PcAngle - 45) – 8,5 * Sin (2 * (PcAngle - 45) * PI () / 180)

3.3 Pale Bc Vitesse Tangentielle Instantanée

Lorsque le Rotor Losange Pivots Pc tourne à un régime angulaire constant, certaines pales ralentissent tandis que d'autres accélèrent. C'est aussi pourquoi connaître la correspondance entre les angles Bc et Pc est important pour l'analyse.

D'après la figure 4, dans QT-SC, la différence (Pc – Bc) = 45 degrés s'écarte jusqu'à +/- 8,5 degrés car les Bc ne tournent pas à régime constant.

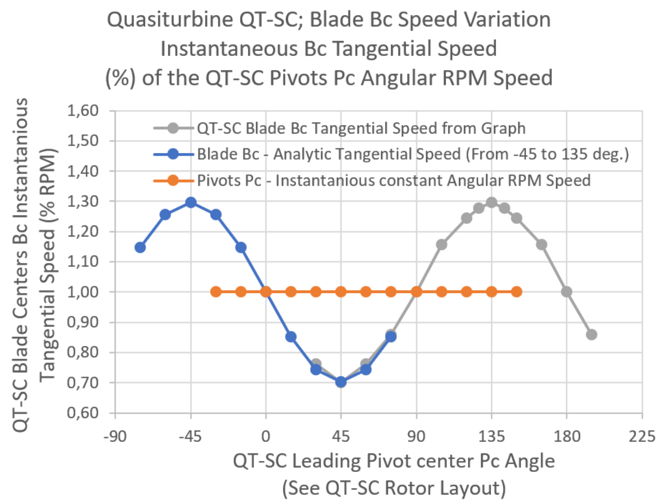


Figure 4 : Quasiturbine QT-SC ; Pale avant JC Comparaison de variation de vitesse avec un PC à RPM (à rayon constant mais à vitesse angulaire variable, deg. /min.). La courbe de vitesse Bc croise le régime en configuration MRDR.

L'équation analytique est :
Bc Variation de vitesse tangentielle =
1 + (0,3 * COS (2 * (PcAngle +45) * PI () / 180))

3.4 Rotor comme volant d'inertie

Le volant d'inertie est une nécessité pour le piston car ses courses de puissance sont entrelacées entre deux courses de couple négatives (admission ou échappement). Même si ce n'est pas le cas de QT, il est important d'établir que l'ensemble des Pales agissent comme un volant d'inertie classique. En référence à la figure 2, en utilisant un pas arbitraire de 15 degrés il existe 24 positions pour dessiner les pales QT à l'intérieur du stator. Si tous les centres Bc du milieu des pales sont sur un cercle, seuls ceux en configuration carrée (comme Pt45 ou Pt135) font face au centre du rotor, les autres sont soit légèrement obliques vers la droite ou vers la gauche. Puisque la masse de la pale reste centrée sur Bc, il n'y a pas de mouvement de masse radial net pour empêcher l'ensemble des 4 pales d'agir comme une roue volante rigide conventionnelle. Au cours de la transition, la compensation se produit lorsqu'un ensemble de pales opposé acquiert une énergie tangentielle légèrement plus importante et que l'autre perd une quantité égale, faisant du rotor global un équivalent de volant d'inertie solide et lisse. Normal, car les masses sont liées entre elles et se déplacent sur un cercle sans mouvement radial du centre de masse, et si l'une accélère dans une direction, une autre décélère dans la même direction pour une vitesse tangentielle moyenne constante. Pour cette raison, aucun volant d'inertie externe supplémentaire n'est nécessaire dans de nombreuses applications QT.

Pendant la rotation, chaque fois que le rotor se met en configuration MRDR, les points médians (centres de masse) des 4 pales se déplacent tous à la même vitesse tangentielle, qui pendant un court instant est également équivalente à la vitesse angulaire des pivots des 4 pales. Cela se produit 4 fois par rotation et fournit une référence dynamique d'équilibre.

3.5 Polaire Homo-cinétique, Avantage RPM +/- 30 %

Le graphique de vitesse doit être complété par un graphique polaire pour montrer dans quel secteur varie la vitesse de la pale Bc. Un régime rotor constant est obtenu car pour 2 pales Bc opposées à faible vitesse tangentielle, il y a 2 pales Bc entrelacées à grande vitesse.

Sur la figure 5, dans le sens inverse des aiguilles d'une montre, la zone d'accélération de la pale Bc de 0 à 90 degrés et la zone de décélération de 90 à 135 degrés. Notez que pour un moteur à combustion interne, le premier quadrant serait une course de compression à basse pression, et le deuxième (ou le troisième) quadrant la zone haute pression de relaxation des gaz où le guidage de pression aura un effet positif (voir 4.4).

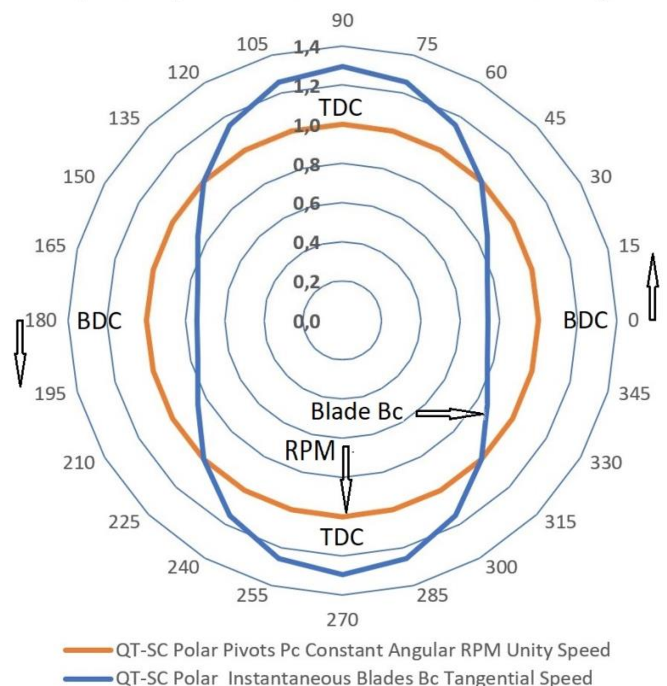


Figure 5 : Avantage homo-cinétique de la Quasiturbine QT-SC RPM +/- 30 %. Vitesse de la pale tangentielle polaire Bc, rapide au TDC haut et bas, lent au PMB gauche et droit. Le régime différentiel résultant correspond à la vitesse du pivot circulaire Pc et à la sortie de l'arbre central. En termes de comportement des composants, d'accélération et de décélération se référer à la pale Bc dans un régime constant du rotor.

La décélération dans le deuxième quadrant accompagne de manière cohérente la pression du gaz de relaxation, qui ralentit également en vitesse et en énergie. Chaque fois que le stator QT se met en configuration MRDR (4 fois par rotation) aux intersections de la courbe, la vitesse

tangentielle instantanée des 4 pales Bc devient la même que le régime. Dans la transition entre deux configurations carrées successives, le rotor obtient sa déformation maximale à un moment où un ensemble de pales opposées Bc à vitesse tangentielle accélère vers la zone TDC de petit diamètre du stator, tandis que l'autre ensemble décélère vers la zone BDC de grand diamètre du stator. Autrement dit, la vitesse tangentielle instantanée de la pale Bc sera maximale dans les zones de petit diamètre du stator (TDC, haut et bas sur la photo) et minimale dans les zones de grand diamètre du stator (BDC, gauche et droite sur la photo).

La vitesse tangentielle de la pale Bc atteint la vitesse RPM à chaque croisement du rotor MRDR. La variation de vitesse tangentielle du centre de la pale Bc est de +/- 30 % du régime constant, par rapport à la variation de vitesse des composants du piston qui va de 0 à Max. Chacun des QT Pivot Pc et Pale Bc passe le même temps (angle) dans les secteurs à haute vitesse et dans la zone à basse vitesse (droite et gauche).

Dans le premier quadrant, l'accélération du QT Pale Bc s'étale en dessous et sur le RPM de 0,7 à 1 RPM de l'Angle 0 à 45 degrés et de 1 RPM à 1,3 de 45 à 90 degrés, les plus fortes accélérations étant proches du Cercle de 1 RPM, où la majeure partie de l'accélération se fait dans un intervalle de 30 degrés entre 30 et 60 degrés, et il en va de même pour la décélération dans le stator.

4. QT-SC Support et Différentiel

4.1 QT Pression de la Chambre sur la Pale

De la figure 6, la pression à l'intérieur de la chambre QT peut être considérable et un système de support central de la pale est nécessaire pour empêcher la pale de s'effondrer vers la zone centrale du rotor. Dans le QT-SC, cela est assumé par le roulement des roulements de roue sur des pistes circulaires centrées, soit fixées à chacun des couvercles latéraux, soit sur une partie de piste de cylindre de l'arbre central. En alternative, les traverses elles-mêmes peuvent servir d'éléments de support, à condition qu'elles pivotent de manière robuste sur l'arbre de transmission. Notez que le Détonation QT-AC n'utilise aucun roulement de roue, mais transfère la charge par les deux pales verticales adjacentes directement aux chariots opposés. Avec la connaissance des mouvements angulaires du QT Pales Bc, il est plus facile de revoir l'ensemble du comportement des composants du QT-SC en termes de 4 pistes distinctes.

4.2 QT-SC Les pistes Internes (figure 6)

Piste n°0 : La paroi interne du stator est une piste fondamentale décrite ailleurs [13].

Piste n°1 : Pivots du rotor à losange carrée fixe dans l'espace libre (rotation de losange carrée sans déformation). C'est le point de départ de tout dans QT : à partir de cette piste n°1, un ensemble de 3 flèches gauche et droite montrent la déformation externe vers l'extérieur vers la piste n°2, tandis qu'un autre ensemble en haut et en bas montre la déformation vers l'intérieur.

Piste n°2 : Mouvement réel des pivots du rotor dans le QT.

Piste n°3 : Ce n'est pas physique, mais le cycle géométrique parfait suivi des centres de pale Bc, auxquels peuvent être fixés les bras transversaux différentiels de puissance.

Piste n°4 : Cercle de surface physique fixé au couvercle latéral du QT sur lequel le roulement de roue roule tout en soutenant les pales sous pression vers l'intérieur. En alternative, cette chenille peut être un disque cylindrique faisant partie de l'arbre principal, auquel cas la chenille tourne avec le roulement de roue, lesquels ne roulent que sur une fraction de tour alternativement en avant et en arrière avec une contrainte mécanique minimale.

4.3 Dimensions relative de la QT-SC Étude de cas

Remarquez sur la figure 6 que la pale avant Bc270 se trouve à l'intérieur de la piste n°1 à 270 degrés (en pointillés), tout en étant à l'extérieur sur l'axe X gauche à 180, une décision arbitraire intéressante du concepteur. Des dimensions simples mais cohérentes rendent une étude de cas encore plus intéressante :

• Le côté losange Pivot à Pivot est l'unité de longueur, et l'unité de surface étant un carré du côté losange.

• Le plus petit diamètre de rotor $((2,0)^{½} - 0,2) = 0,607$ est sélectionné comme diamètre de losange carré fixe de la piste n°1 moins une taille de diamètre de pivot.

• Le plus grand diamètre du rotor $((2,0)^{½} + 0,2) = 0,807$ est sélectionné comme diamètre de losange carré fixe de la piste n°1 plus 1 diamètre de pivot.

• L'excentricité MRDR maximale du rapport de déformation du rotor (petit diamètre sur grand diamètre) est = 0,753

• Petit diamètre de stator = $(2,0)^{½} = 1,414$ est sélectionné comme diamètre de losange carré fixe de la piste n°1.

• Grand diamètre de stator = $((2,0)^{½} + 2 * 0,2) = 1,814$ est sélectionné comme diamètre de losange carré fixe de la piste n°1 plus 2 diamètres de taille de pivot.

• L'excentricité du stator (petit diamètre sur grand diamètre) est = 0,779

• La surface externe de la pale ne peut pas dépasser le rayon de la piste n°1 (voir surface de droite de la pale).

• La piste n°3 n'est pas physique, mais les diamètres des pivots sont limités par le jeu du roulement de roue, piste n°4 (voir en bas de la fig. 6), ou inversement, le diamètre du roulement de roue doit être suffisamment grand pour fournir un tel jeu.

• La piste #4 pour roulement de roue peut être soit fixée sur les couvercles latéraux du QT, ou mieux sur une partie cylindre de l'arbre principal (empêchant le roulement de roue de faire plusieurs rotations par rotation de rotor en accompagnant la piste #4.

• Une fraction relativement modeste de la taille du pivot dépasse la surface externe de la pale, comme indiqué à gauche de la figure 2.

4.4 Guidage Géométrique par Pression sur la Pale

Les propriétés des losanges sont particulièrement intéressantes en présence de forces centrifuges, qui s'équilibrent sans effet sur la déformation du rotor. Le QT-SC ne nécessite pas de guidage mécanique des engrenages, car le remodelage d'un rotor en losange à axe X étendu en un axe Y étendu, ou davantage en un axe X étendu ne nécessite aucune énergie nette, ni même beaucoup d'impulsion, comme Pivots Pc. L'énergie cinétique continue de se déplacer d'un axe à l'autre. Les 4 pivots partagent une quantité égale d'énergie cinétique chaque fois que le rotor se met en configuration carrée. Dans le QT, l'inversion de l'axe du losange se produit deux fois par rotation. Il s'agit d'une situation très différente de celle du rotor triangulaire déséquilibré Wankel, qui doit être forcé vers l'intérieur par la friction des joints du stator ou par un mécanisme à engrenages. Par curiosité, un losange peut être ramené à une configuration carrée en faisant pression sur son centre, mais malheureusement, il faudrait également plus d'énergie pour l'étendre.

Néanmoins, même si le QT-SC n'a pas besoin de guidage mécanique, dans la zone de vitesse tangentielle de ralentissement de la pale du stator (où certains pourraient argumenter sur la contrainte d'étanchéité ?), la pression interne de la chambre peut être utilisée pour aider à faire pivoter la pale vers l'intérieur du stator. Comme le montre la figure 6, au niveau du roulement de roue en bas à droite par les vecteurs A et B, sélection appropriée du diamètre du roulement de roue et de la piste de roulement, la direction des forces de support de la pale est légèrement décentrée et la partie avant de la pale poussée par pression de la chambre à l'intérieur du stator. En effet, la zone de contact du roulement de roue avec la piste de roulement n°4 devient décentrée par rapport à la pale. Attention à ne pas trop concevoir ce déséquilibre, qui a des effets doubles : ce que vous prenez d'un côté, vous le retirez de l'autre ce qui double les effets.

4.5 QT-SC Croisement Central en ciseau

Enfin, fig. 6, le tracé suggère deux traverses centrales liées à leur paire de points Bc diamétralement opposés. Ces bras croisés ne sont orthogonaux que lorsque le rotor est en configuration carrée.

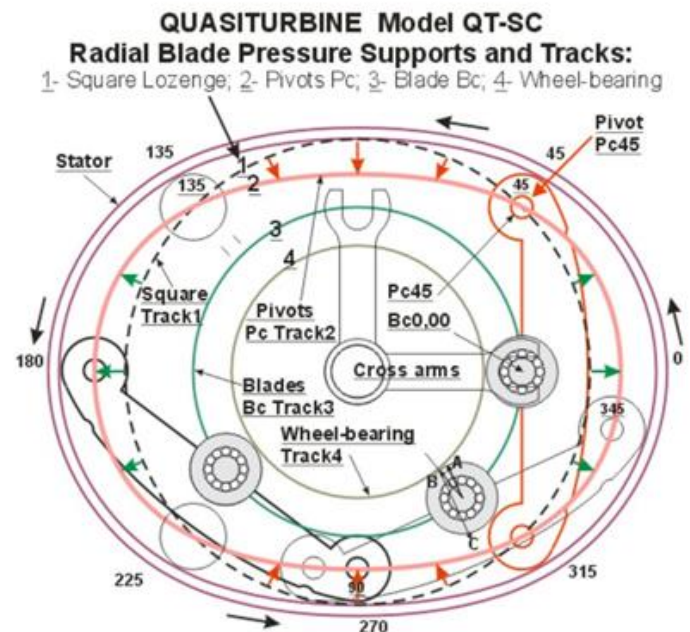


Figure 6 : Quasiturbine QT-SC Support de pression de pale et chenilles. Les pales sont supportées par des roulements de roue roulant sur la piste n°4. Le pivot Fix-square-Losange est la piste n°1, et avec la déformation du rotor, la piste n°2. Le centre Pale Bc est sur le cercle (non physique) piste n°3, tout en étant simultanément les coins du rectangle interne du Losange.

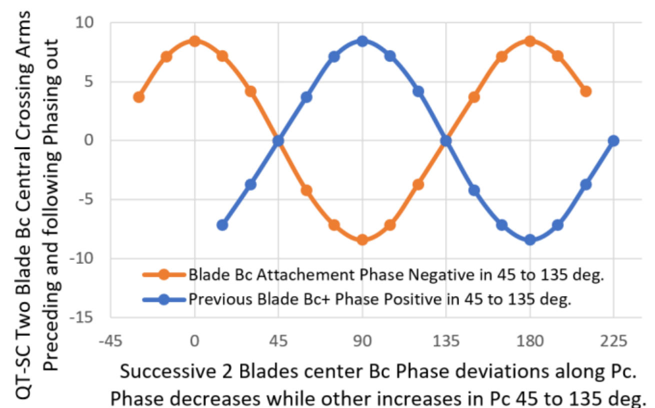


Figure 7 : Bras transversaux centraux ouverts en forme de ciseaux du QT-SC. Annulation d'oscillation et de différentiel par rapport au régime. Pour 2 Pales successives Bc et Bc+ les différences de phase s'annulent, permettant au différentiel des bras croisés pour qu'ils tournent à un régime de rotor constant.

Sur la figure 7, le mouvement de ces 2 paires de points Bc concerne des pales entrelacées (successives) à sortie de phase parfaitement sinusoïdale, variant exactement en sens opposé et avec la même amplitude, comme deux bras croisés centraux ouverts en ciseaux.

Équation analytique :
Amplitude de phase du bras croisé Bc =
1 + (0,3 * COS (2 * (PcAngle + 45) * PI () / 180))

La différence (Pc – Bc) = 45 degrés s'écarte jusqu'à +/- 8,5 degrés lorsqu'on s'éloigne du pivot Pc 45 et 135 degrés, car les pales Bc ne tournent pas à un régime constant. D'après la figure 7, cependant, pour deux pales successives Bc et Bc+, les écarts de phases s'annulent, permettant au différentiel des bras croisés de tourner à un régime de rotor constant. C'est le rôle de tout dispositif différentiel simple de réaliser ce genre de moyenne s'il relie les 2 bras croisés à ciseaux ouverts.

4.6 Différentiel Central

L'un des défis du rotor QT déformable est de faire tourner la géométrie du rotor à une vitesse angulaire constante et douce. Un seul bras lié à une paire de pales opposées en pointe Bc ne peut pas entraîner directement et en douceur l'arbre central. De n'importe quel point de vue des Losange Pivots Pc, les variations d'angles semblent s'ouvrir ou se fermer symétriquement, la ligne entre 1 ensemble de points de pales Bc opposés croise la ligne de l'autre ensemble à un angle au centre du rotor, offrant une option d'arbre de liaison. Il existe tellement de concepts différentiels adaptables aux bras de croisement de puissance QT que la question n'est pas incluse dans ce travail.

5. Comparaison QT-SC avec Piston

5.1 Options de comparaison QT versus Moteurs

Il s'agit de la transformation directe de la pression en énergie mécanique utile. Les caractéristiques précieuses du concept de piston sont sa capacité à atteindre le taux de compression élevé le plus exigeant, mais avec l'inconvénient d'un débit intermittent et d'un mouvement axial important. De nombreux concepts de moteurs rotatifs simples basés sur une pompe à palettes ne peuvent géométriquement atteindre qu'un taux de compression modéré, tout en limitant le mouvement radial pour éviter une extension problématique des joints importants. Une conception rotative plus complexe peut atteindre un taux de compression plus élevé en déplaçant radialement un rotor solide dans et hors d'une paroi de stator, un mouvement radial problématique de la masse difficile à contrebalancer et créant des vibrations affectant la durée de vie des dispositifs et de leur environnement. Dans QT, c'est plutôt la paroi du stator qui se rapproche du rotor, car la masse du rotor QT ne se déplace pas radialement, Bc étant sur un cercle. Les turbines hydrodynamiques ou aérodynamiques conventionnelles sont incapables de transformer directement la pression en énergie mécanique sans une étape intermédiaire, qui consiste d'abord à transformer la pression en fluide à grande vitesse. Comme la turbine conventionnelle, la Quasiturbine (QT) est un dispositif à temps mort nul parfaitement équilibré, mais avec un faible régime et un couple élevé pour la pompe rotative, le détendeur et le moteur.

Le Wankel Rotary est un moteur hybride dans le sens où les 2/3 de la puissance proviennent du mouvement radial vers l'intérieur du vilebrequin (comme un piston) et 1/3 de la véritable force de rotation tangentielle. Son arbre de puissance tourne à trois fois le régime du rotor pour générer une sortie à faible couple et à régime élevé. De plus, le défi Wankel tente d'obtenir 4 temps avec un rotor déséquilibré à 3 faces superposées, qui sont souvent assemblés en paire ou en trio (étages) déphasés pour masquer d'une manière ou d'une autre la vibration apparente, tout en étant toujours une source de contrainte mécanique interne. Une comparaison détaillée QT-Wankel n'est pas aussi simple que le Piston, mais d'un intérêt limité ici, il suffit de mentionner que la Quasiturbine a naturellement un rotor à 4 faces adapté aux cycles 4 temps sans chevauchement, et un rotor parfaitement équilibré qui n'a pas besoin d'être assemblé par paires de moteurs pour annuler les vibrations inexistantes. De plus, QT fournit, sans boîte de vitesses sensible et coûteuse, la puissance de sortie à faible régime et couple élevé généralement demandée par les applications actuelles. … Les déclarations selon lesquelles QT ressemble au Wankel ne sont guère un compliment, mais les comportements de QT sont totalement différents et les faiblesses attribuées à Wankel au fil des ans n'ont aucun rapport avec le QT. Ces concepts comparatifs sont intéressants et précieux mais ne visent pas d'objectifs mondiaux en matière de carburant moderne, d'utilisation de l'hydrogène et de capacité et d'efficacité de détonation.

5.2 Modèle de Comparaison et source de données

La plupart des concepts de moteur peuvent être comparés statiquement à un simple détendeur mono-étage alimenté en entrée par un fluide compressible ou incompressible sous pression constante. Le détendeur le plus simple est un long tube maintenu à une pression constante à une extrémité, avec un piston libre de se déplacer en fonction de la demande d'énergie dans le tube pour toute variation du Delta Volume. En pratique, pour raccourcir le tube, la position du piston mobile doit être périodiquement repositionnée près de l'entrée du tube, et c'est ce que font les modèles à expansion. Pour ce travail, QT-SC et Piston seront comparés statiquement par référence avec un détendeur à un seul étage à pression constante, sans prendre en compte un cycle de combustion ou de détonation dynamique complexe spécifique.

Le piston est décrit par un modèle théorique simple 3R+/-1R, ayant une bielle de 3 rayons de vilebrequin, utilisé comme détendeur à pression constante à un étage (mode Détendeur à pression constante d'admission – Pas de mélange de carburant) :

Volume = Translation du piston = (4 - 3R+/-1R) / 2
pour R (Angle 0 à 180deg.)

Couple = composante tangentielle du vilebrequin (angle) de la force de pression axiale du piston.

Delta Énergie = Couple X Delta Vol.

Les données équivalentes QT-SC sont obtenues à partir du schéma de la figure 2 pour le mode détendeur sous la même pression unitaire constante :

Volume = Surface Chambre 2D Volume = 17 % de la surface du losange unitaire carré.

Couple = (Rayon du joint avant – Rayon du joint arrière) X Rayon moyen X Pression unitaire

Delta Énergie = Couple X Delta Vol.

Pour chaque pale Bc à la position angulaire Pc, la force tangentielle produisant le couple est fonction de la différence de rayon aux extrémités de chaque pale individuelle, multipliée par ce rayon moyen du levier et la pression unitaire. La disposition QT de la figure 2 fournit facilement ces données.

5.3 QT-SC versus Piston, Comparaison Volume-Torque

Le profil volumétrique est probablement la caractéristique la plus fondamentale de toute conception de moteur. Pour l'agencement du cas de référence QT (le QT-SC), il est déterminé par 4 facteurs de conception : le côté de la longueur de la pale en losange sélectionné, pivot à pivot ; Les tailles des pivots (en fraction de la pale) ; La sélection MRDR du taux de déformation maximal du rotor ; Et la forme de 2 branches de germes statoriques indépendantes sélectionnées lors du calcul du profil de confinement du rotor. C'est simple, mais sujet à des variations considérables à travers la famille de conceptions QT, pas toujours évidemment prévisibles.

Pour comparer les courbes de cycle de volume en un seul coup, il faut garder à l'esprit que QT effectue 16 coups à chaque rotation simultanément pour les chambres 2-X et 2-Y, tandis que le piston effectue 2 coups par tour. À des fins de comparaison avec l'échelle de temps ajustée, le cycle QT et le cycle du piston ont été amenés à coïncider aux volumes maximum et minimum sur la figure 8. Les courses de puissance sont entrelacées dans le piston par des courses d'admission ou d'échappement de couple négatif, qui reste négatif avant et après la course d'intérêt ici. Au contraire, les courses de puissance sont séquentielles dans tous les QT, et le couple reste positif avant et après, comme le montre l'effet final QT sur la figure 8 et il en va de même pour le volume Delta et l'énergie Delta des figures 9 et 10.

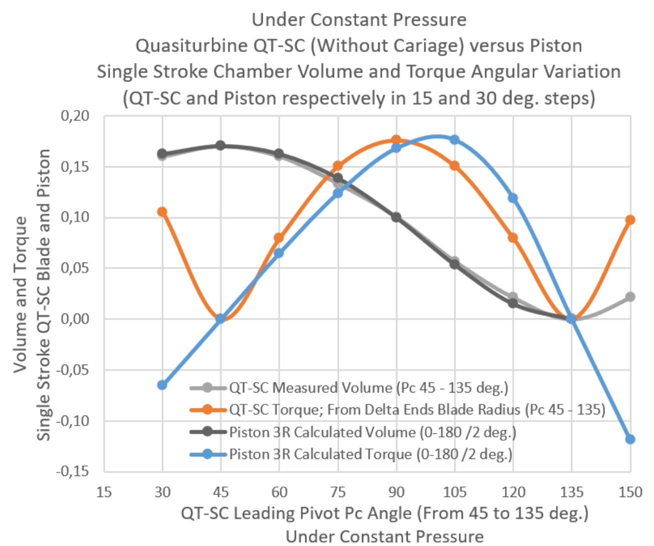


Figure 8 : Quasiturbine QT-SC versus Piston, (Mode pompe-détendeur à pression constante – Pas de mélange carburé). Comparaison du volume et du couple (montré positif) sur un AVC complet. Volumes de chambre QT de Max à Min. sont comparés au modèle à piston 3R+/-1R

Sur la figure 8, les variantes QT-SC et Piston sont presque identiques. Le couple, proportionnel au différentiel de rayon des extrémités des pales, présente une symétrie quelque peu surprenante mais résultant de la symétrie du stator QT. Le couple, proportionnel au différentiel de rayon des extrémités des pales, augmente beaucoup plus rapidement que le volume de la chambre au BDC et est symétrique. Comme le piston réalise une variation de volume avec une vitesse variant de 0 à Max, la vitesse QT Pale Bc varie en douceur dans une plage beaucoup plus limitée de seulement 70 à 130 % du RPM. Néanmoins, QT-AC peut obtenir une impulsion ÉCLAIR (FLASH) de pression plus courte et plus rapide, ce qui est demandé pour les combustibles rapides modernes. Bien que d'une autre nature, les pales du rotor du QT-SC présentent des similitudes de comportement avec le mouvement du piston. Ce n'est pas une faiblesse, mais plutôt rassurant en établissant au moins un point de convergence entre les deux concepts, et en renforçant ainsi les bases solides de l'alternative QT.

5.4 QT-SC et Piston, Comparaison Vol. et Delta Vol.

Dans la pompe, le détendeur et le moteur, les chambres de volume servent alternativement d'admission ou d'échappement, l'une étant l'autre si le sens de rotation est inversé. Sur la figure 9, le mouvement de Pc45 à Pc135 se comprime à mesure que le volume de la chambre se contracte, tandis que le Pc135 à Pc225 serait dans la zone de puissance de relaxation à mesure que le volume augmente.

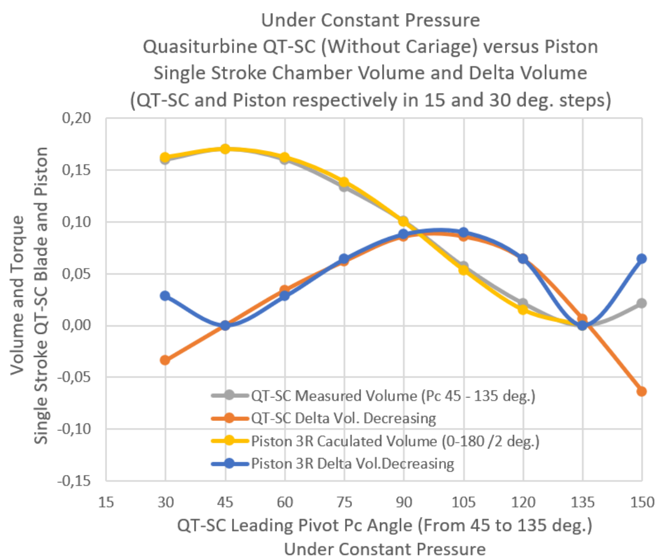


Figure 9 : Quasiturbine QT-SC Delta par rapport au piston (Mode Détendeur-Pompe à pression constante – Pas de mélange carburé). À partir du couple calculé, une comparaison du volume et du delta volume (affiché positif) dans une course entière.

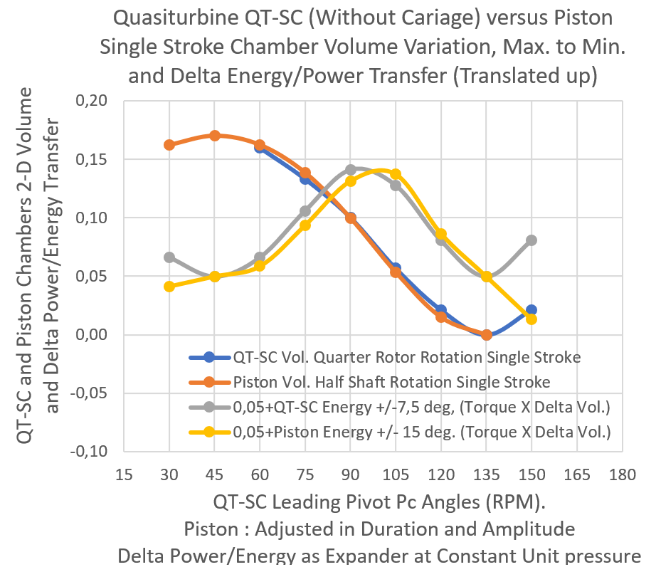


Figure 10 : Énergie QT-SC de la Quasiturbine par rapport au piston (Mode pompe-détendeur à pression constante – Pas de mélange carburé). Comparaison de l'incrément de volume et d'énergie delta (dérivé) (courbes traduites pour plus de clarté).

Sur la figure 9 est une comparaison sur une course complète du QT-SC et du piston pour la variation de volume et le volume différentiel incrémentiel par intervalles de 15 ou 30 degrés (pour le piston). Les valeurs Delta Volume sont dites positives lorsque le volume de la chambre augmente et négatives lorsque le volume de la chambre diminue. À partir des courses de couple zéro du piston entrelacées précédentes et suivantes, le volume du piston n'est pas inversé positivement car l'effet final est comme sur la fig. 8.

5.5 QT-SC versus Piston, Delta Volume and Energie

Le couple étant connu pour tout incrément (ou décrément) de volume dans la chambre, cette quantité de distribution d'énergie (puissance) sur une course est présentée sur la figure 10.

Delta Énergie/Puissance = Couple instantané X Volume de chambre Delta pour QT et le piston.

L'objet de l'analyse de ce chapitre se trouve sur la figure 10, principalement sur une comparaison de cycle de volume à course unique, qui ne révèle pas, sur la seule analyse de volume, une différence fondamentale entre QT et Piston. Cela nécessite des explications ensuite.

5.6 Où sont les différences QT / Piston ?

D'après la prise en compte du volume de la chambre, il apparaît que le QT-SC et le Piston sont des dispositifs presque équivalents, ce qui n'est pas une observation négative, mais des différences fondamentales se situent ailleurs que dans le comportement des composants internes. QT se déclenche sur la pale Bc se déplaçant à une vitesse de rotation de + 30 %, tandis que le piston tire au repos, et la relaxation QT se produit dans une décélération de la pale Bc jusqu'à RPM - 30 %, tandis que la relaxation du piston part du repos, suivie d'une accélération et d'une décélération, et se termine. à vitesse nulle. Le fait que QT soit beaucoup plus homo-cinétique correspond mieux au flux de fluide à l'intérieur de l'appareil. Des différences supplémentaires concernent les vibrations, la cylindrée, la densité de puissance, le couple élevé à un régime inférieur, l'absence de volant d'inertie supplémentaire, moins de boîte de vitesses nécessaire… le poids et l'efficacité de rotation globale, sans oublier le coût de fabrication.

Le concept à 4 pales rend QT capable d'aspirer et de comprimer simultanément (ou de détendre et d'évacuer) dans deux zones diamétralement opposées du stator, tout comme si vous aviez deux moteurs (ou circuits de pression) en un. Dans une application à deux temps comme dans une pompe ou un détendeur de vapeur, pour chaque rotation QT, un circuit aspire et évacue le volume de 4 chambres (pour un total de 8 courses), tandis que l'autre circuit

diamétralement opposé effectue simultanément 8 autres courses, pour un total de 16 courses. par rotation. Pour les applications 4 temps comme la combustion interne, les deux circuits peuvent être utilisés en série pour effectuer 4 fois les 4 temps (toujours 16 temps) en une seule rotation du rotor. Si le rotor est autorisé à effectuer une deuxième rotation, alors 32 courses sont effectuées, exactement le même nombre que celui qui se produit dans un moteur à pistons 8 cylindres 4 temps pendant 2 rotations de vilebrequin. Autrement dit, les deux moteurs au sein d'un même QT permettent d'égaler des moteurs 8 cylindres beaucoup plus gros.

L'expulsion du fluide de la chambre est également une étape importante, et elle se fait différemment puisque le piston commence au repos et se termine à vitesse nulle, tandis que le QT démarre le processus à partir de RPM moins 30 % de la vitesse de la pale Bc et se termine à RPM plus 30 %. La fluidité du composant QT offre un meilleur suivi de l'échappement. La comparaison globale du moteur QT a été effectuée ailleurs [12].

6. Détonation QT-AC (avec Chariots)

6.1 Détonation versus Combustion

La détonation comprend l'HCCI (Allumage par Combustion Homogène par Compression), les Ondes de Choc et la Photo-Détonation… hors Diesel (Allumage Thermique de combustion conventionnelle). En raison de sa nature sinusoïdale, le piston est au repos près du point mort haut TDC et ne peut gérer qu'un processus de combustion relativement lent et partiel, comme la propagation du front de combustion thermique. La lumière et le rayonnement sont comme des fluides et sont concentrés par compression mécanique (de la même manière qu'une lentille), et peuvent enflammer un mélange de carburant dans une onde de choc très rapide ou en mode photo-détonation, non compatible avec un piston lent. Cela devient également un problème d'efficacité parce que les carburants modernes, notamment l'hydrogène, ont tendance à brûler plus rapidement dans certains environnements. Le moteur de détonation doit idéalement produire une courte impulsion de compression éclair (flash), immédiatement suivie d'une relaxation rapide. Récupération d'énergie, caractéristique non offerte par Piston.

Si un rapport surface/volume élevé n'est pas souhaitable dans un moteur à combustion conventionnel, il peut devenir un facteur de pression d'atténuation précieux dans une chambre de détonation. Le défi paradoxal est de concilier un taux de compression élevé, tout en maintenant un rapport surface/volume élevé. Le QT-AC (avec chariots, joints à distances variables) est une ouverture vers le Détonation Engine Challenge.

6.2 Détonation QT-AC Description

Le stator du QT-AC sur la figure 11 a une forme plutôt rectangulaire et pas aussi elliptique que le QT-SC. C'est une sorte de roulement à rouleaux géant ! La pression des pales vers le centre n'est pas supportée depuis la zone centrale comme dans le cas du QT-SC, mais un transfert de force est effectué à travers les pales verticales entrelacées et enfin vers les chariots. Par conséquent, il n'offre pas de force de guidage géométrique de configuration carrée du rotor provenant de la pression appliquée à la surface de la pale, ce qui n'est pas nécessaire car les chariots manipulent le guidage. La géométrie est cohérente avec la nature du QT à couple élevé et à faible régime.

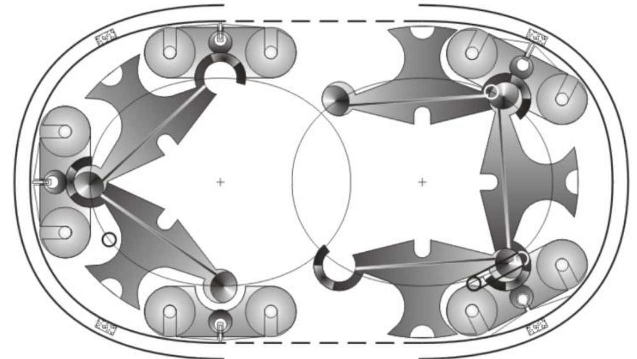


Figure 11 : Quasiturbine QT-AC
(avec chariots, joints à distances variables).
A gauche, deux chambres à mi-course.
A droite, un volume maximum de chambre au BDC,
avec des chariots haut et bas partagés avec un
volume minimum de chambres au TDC.
Les charnières sont différentes de la conception QT-SC.

En mode détonation fig. 11, aucun effort n'est nécessaire pour réduire le rapport surface/volume de la forme des chariots. Le frottement des charnières, le roulement des chariots sans frottement sur le stator de confinement du contour, l'étanchéité latérale et au niveau du contour ne sont peut-être pas simples, mais peuvent tous être résolus par des solutions standards. Le rotor QT-AC possède un degré de liberté exceptionnellement élevé qui a conduit à un nombre infini de géométries ainsi qu'à des formes de contour de stator pour contraindre les combinaisons souhaitées.

6.3 QT-AC Volume Innovant versus Piston

La théorie des moteurs (avec combustion et détonation en particulier) doit être basée sur le comportement spécifique du dispositif pour une analyse appropriée. Les dispositifs à piston de type vilebrequin sinusoïdal, dans lesquels la vitesse instantanée du piston est nulle au volume minimum de la chambre TDC (pression maximale supérieure), favorisent la combustion du carburant à vitesse relativement lente. En se référant au même modèle mathématique statique simple du piston 3R+/-1R utilisé pour le QT-SC, une comparaison instantanée du volume et du couple du QT-AC est présentée sur la figure 12 pour le mode détendeur à pression constante.

Les détails sont présentés sur la figure 12 (Mode pompe-détendeur à pression constante – Pas de mélange de carburant), avec un volume de chambres décroissant (course de compression) de 45 à 135 degrés. En se référant à la courbe de volume du piston du PMB à 0 degré, le QT-AC initie la compression bien avant le piston à partir de la zone de 50 degrés et continue de comprimer au même taux de

piston jusqu'à ce que les courbes se croisent à 105 degrés où le volume des chambres devient égal. Ensuite le Piston continue de se comprimer plus rapidement avant de ralentir horizontalement dans la zone de pression supérieure, tandis qu'au contraire le QT-AC continue de se comprimer lentement sur un court plateau, avant d'accélérer pour une brève impulsion de pression éclair (flash) plus étroite compatible avec la détonation. Les pentes des courbes de volume entre 120 et 135 degrés le confirment. La symétrie de la courbe de couple est surprenante mais résulte de la symétrie du stator QT.

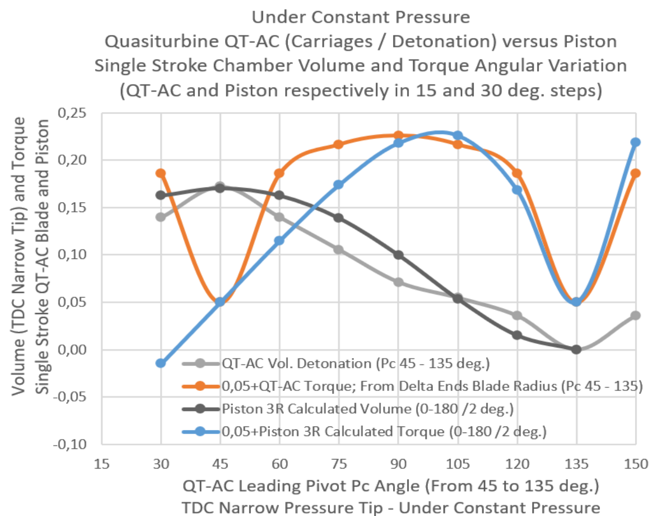


Figure 12 : Quasiturbine QT-AC et volume des chambres de piston (mode pompe-détendeur à pression constante – pas de mélange de carburant). Volume décroissant précoce de 45 à 135 degrés, et traversant à 105 degrés suivi de plus raide pente de compression éclair au TDC. La courbe de couple QT-AC (translatée pour plus de clarté) est plus large et légèrement plus précoce que celle du piston (pour comparaison, le Piston est affichée positif passer le TDC, alors que c'est impossible en pratique).

Comme le montre la figure 12, le QT-AC a un comportement volumétrique très différent de celui du piston, car la vitesse tangentielle des pales pivotantes est maximale à la pression maximale et minimale en création de couple précédent la mi-course, ce qui favorise la combustion du carburant à vitesse relativement élevée. L'originalité de la détonation se dessine dans les 120 à 135 degrés où les pentes de compression sont très différentes, le Piston allant horizontalement à volume constant jusqu'au TDC, tandis que le QT-AC attend et plonge en produisant une courte impulsion de pression éclair, déclenchant la détonation à le moment le plus opportun. Cela montre les limites de l'amélioration d'un appareil spécifique tel que Piston pour Détonation, et le défi moderne nécessite un appareil au comportement très différent.

La figure 12 montre une variation QT-AC presque linéaire des deux côtés du volume minimum de la chambre TDC à 135 degrés. Près du TDC, un faible effet sur le volume de la chambre a un effet considérable sur le profil de pression, tandis que cette caractéristique de pointe triangulaire au TDC peut être atténuée ou accentuée par la sélection des caractéristiques physiques du rotor comme le diamètre du pivot, le diamètre de la roue de support ou la sélection de la forme du confinement du stator. La pointe de volume triangulaire réduit le temps de confinement du mélange, ce qui favorise une combustion rapide du mélange (conduisant à la détonation). Cela évite également une pression trop élevée bien avant le TDC, évitant ainsi une auto-détonation précoce catastrophique, tandis qu'un bref temps de confinement réduit la contrainte sur le dispositif. De plus, cette pointe de pression courte présente une autre caractéristique importante : la capacité de produire une conversion précoce du couple et de l'énergie mécanique. Après la détonation, la pression est prête pour une relaxation rapide du volume de la chambre en délivrant de l'énergie sous pression. Le diagramme de la figure 12 ne détaille pas l'amélioration substantielle attendue du couple au TDC.

6.4 L'Effet Chariots sur le Volume des Chambre

L'une des raisons pour lesquelles les chariots ont été introduits dans la version Détonation QT était de faire varier les distances entre les joints de contour, qui sont fixés dans le QT-SC. Le mouvement de bascule des chariots étend la distance entre les joints au volume maximum de la chambre PMB et la raccourcit raisonnablement au TDC. En se référant à une longueur de pivot à pivot de losange QT-AC de 1, la distance des joints au volume maximum de la chambre BDC mesurée le long de la paroi interne du stator est de 2,04 (1,66 en ligne droite), tandis que la distance au TDC devient seulement 1,03 (raccourcir de 35 à 100 %). Il est intéressant de noter que les chariots séparent la chambre TDC des deux BDC et, tout en raccourcissant les distances en TDC, ils les augmentent dans la chambre BDC voisine. En termes de volume %, l'effet est considérable dans la chambre TDC, où il s'ajoute également le plus rapidement pour générer la courte impulsion de pression éclair (flash), ou la conversion précoce de l'énergie de couple.

Pourquoi les courbes de variation QT-AC et Piston Volume sont-elles si différentes ? La présence des chariots QT-AC produit une réduction précoce du volume avec effet dès la sortie du volume maximum de la chambre au PMB à 45 degrés, et conserve son effet initial jusqu'à ce que les courbes se croisent à 105 degrés. Puis, de 105 à 120 degrés le chariot avant bascule dans la direction opposée à celui de queue, ce qui annule partiellement la variation de volume, établissant un court plateau de volume presque constant. Dans la prochaine finale, 15 degrés la compression dans la chambre augmente simultanément dans 3 directions, le Stator se rapprochant du Rotor, et les deux chariots pivotant l'un vers l'autre. Ces actions triples rapides et localisées sont à l'origine de l'impulsion de pression flash QT-AC au TDC.

Si les chariots sont responsables de l'impulsion de pression éclair (flash) au TDC, ils sont également responsables d'une augmentation ultrarapide du volume de la chambre juste après la détonation. Les chariots rendent le QT-AC capable de convertir rapidement l'énergie de détonation en action de couple, tout en limitant les contraintes mécaniques sur l'ensemble des composants du moteur. C'est une capacité que le Piston n'a pas, et c'est la raison pour laquelle les chocs de détonation sont si dommageables. Les chariots sont également responsables du rapport surface/volume élevé de la chambre, qui serait préjudiciable dans un moteur

à combustion conventionnel, mais devient un facteur d'impulsion de pression atténuant en mode détonation.

6.5 QT-AC Couple en temps moteur

Sur la fig. 12, la capacité du piston à générer du couple (courbe traduite vers le haut pour plus de clarté) est asymétrique en raison de l'angle de la bielle sur le vilebrequin, mais plus favorable au début du tiers de la course après l'allumage, tandis que le QT-AC La capacité de couple commence légèrement plus tôt (ce qui est critique en raison de la vitesse de détonation) et est assez constante et symétrique tout au long. Le graphique ne fournit pas de détails fins proches de l'impulsion de compression éclair (flash), mais la variation de la pente du volume de la chambre favorise le QT-AC, car la pente de l'accumulation de couple est plus raide près du TDC supérieur.

6.6 QT-AC L'Avantage Détonation

Particulièrement pour Détonation, le Piston est handicapé par sa faible fluidité de mouvement avec des composants extrêmes en plage de vitesse et en contraintes d'accélération-décélération. À chaque rotation, le piston et la bielle, partant du repos, accélèrent, décélèrent, s'arrêtent et réaccélèrent, décélèrent et reviennent au repos ; Malheureusement, la détonation rapide se produit dans une zone d'arrêt du piston. Au contraire, la quasi-turbine homo-cinétique possède un ensemble de pales de rotor tournant sans arrêt à un régime moyen de +/- 30 %, et mieux encore, la détonation se produit dans la zone de déplacement de pale la plus rapide. Cela conforte l'argument selon lequel le moteur de détonation a besoin d'un concept très différent de celui du dispositif à piston et jusqu'à présent, le QT-AC est le prétendant naturel.

Le QT-AC (avec chariots, joints à distances variables) est une fenêtre ouverte vers le difficile défi du moteur de détonation. En raison de sa nature sinusoïdale, le piston ne peut gérer qu'un processus de combustion relativement lent et partiel, loin de l'allumage du mélange de carburant par la lumière et le rayonnement en mode onde de choc ou photo-détonation très rapide. Cela devient également un problème d'efficacité parce que les carburants modernes, y compris l'hydrogène, ont tendance à brûler plus rapidement dans la plupart des conditions. Le moteur Détonation QT-AC produit ce type d'impulsion de compression éclair (flash) courte nécessaire, avec une récupération d'énergie de relaxation rapide. De plus, il offre un rapport surface/volume élevé comme facteur de pression d'atténuation. Il est intéressant de noter que QT-AC concilie un taux de compression élevé, tout en maintenant un rapport surface/volume élevé au TDC.

7. QT-SC Option de Design Interne

7.1 Rotor sans joint de friction latéral

Les joints de couvercle latéral QT ne sont pas très différents des autres modèles de joints rotatifs. Les joints de friction sont peut-être les meilleurs, mais dans certaines applications de pompe/détendeur, un contact étroit avec la paroi peut être suffisant à un régime modéré.



Figure 13 : La pale de rotor fendue obliquement de la Quasiturbine QT-SC permet de remplacer le joint à friction latérale par un joint périphérique médiant (sans friction) à ressort d'expansion, dans certaines applications à régime modéré.

Dans un effort pour rendre les choses simples et moins coûteuses, la figure 13 montre une façon de remplacer les fragiles joints à friction latéraux en divisant obliquement les pales pour insérer un joint à ressort périphérique (sans friction) poussant la partie de la pale contre les couvercles latéraux. Si les zones de contact de la pale avec les couvercles latéraux sont proches de la surface supérieure et si au contraire les joints sont quelque peu sous la surface de la pale, la pression de la chambre peut ajouter une force positive poussant davantage chaque demi-pièce contre leur paroi respective. Ceci est possible tout en gardant le rotor en losange déformable ensemble en tant que composant unique, car la coupe oblique permet aux charnières de correspondre au plan du rotor décentré, et garantit que les deux côtés de la pale continuent de se déplacer ensemble à la même vitesse, et empêche le rotor de s'effondrer pendant service technique.

7.2 QT Scalable

QT est entièrement évolutif, fournissant des règles simples de débit de fluide standard. Le déplacement augmente avec le cube des dimensions linéaires de QT, de sorte que la section du port doit augmenter plus que le carré et nécessite une augmentation supplémentaire de la surface de section pour maintenir la vitesse d'écoulement à une fraction de la vitesse du son. Dans tous les cas, les mesures d'efficacité de Détendeur QT doivent être effectuées à l'entrée et à la sortie

immédiates, à l'exclusion de toute partie de la conduite d'alimentation.

7.3 Charnière sur coussin d'Air ou fluide

Le rotor doit être prévu pour permettre une déformation un peu plus grande que la déformation MRDR maximale théorique requise par le stator. Permettre une certaine infiltration de gaz ou de fluide sous pression dans le système de charnière QT Pale (ensemble mâle et femelle et/ou dans les chariots) permet d'amortir le film et de réduire la friction.

8. Conclusions

Ce travail porte sur la description détaillée des composants internes de la Quasiturbine, leurs comportements et la comparaison avec le dispositif Piston. En plus de la géométrie Losange parfaitement équilibrée, chaque pale de rotor QT se déplace sur un cercle parfait sans aucun mouvement de masse radial, et c'est plutôt la paroi statique du stator qui se rapproche des pales pour moduler le volume. Le rotor QT Losange possède 3 propriétés remarquables : aucun mouvement de masse radial pour un équilibrage parfait ; les forces centrifuges n'ont aucun effet net sur la déformation ; et son inertie est équivalente à un volant d'inertie solide. QT est capable d'avoir un taux de compression élevé et d'avoir un excellent cycle de débit d'admission et de ventilation, tout en étant largement évolutif de haut en bas. QT se présente comme étant deux moteurs en un (deux zones de compression et de relaxation) pour une densité de puissance élevée, où les cylindrées totales du moteur peuvent pratiquement dépasser le volume de son dispositif externe, ce qui le rend approprié pour un groupe motopropulseur très compact fonctionnant en douceur sans vibration. La sélection modérée des paramètres du moteur QT-SC permet d'utiliser l'appareil comme moteur efficace, mais également comme pompe, compresseur, détendeur, vapeur, hydraulique, débitmètre, etc. Des introductions générales sont disponibles dans [21]-[24].

Par rapport au piston, les variations de volume des chambres du QT-SC correspondent presque parfaitement sur une course complète (confirmant au moins une équivalence de base), tandis que le couple et l'énergie ont tendance à être répartis plus uniformément dans le QT-SC au cours de la période de course. Cependant, les comportements des composants sont très différents lors du déplacement des masses, le QT étant un dispositif parfaitement équilibré et sans vibrations, alors que la géométrie linéaire du piston ne l'est pas (un centre de masse immobile est impossible dans un dispositif à piston). Une autre différence de comportement majeure concerne la vitesse des composants et leur rôle ; tandis que le piston atteint sa vitesse maximale entre le piston de repos en haut et en bas, le QT possède des propriétés homo-cinétiques exceptionnelles avec des composants du rotor accélérant sans arrêt à +/- 30 % du régime. Encore plus contrasté dans le moteur thermique, le mélange s'enflamme lorsque le piston est au repos au TDC, tandis qu'en QT il s'allume lorsque les pales atteignent leur vitesse tangentielle maximale.

Cependant, la variation du volume de la chambre du piston n'est pas du tout comparable si l'on considère la Détonation QT-AC (avec chariots, joints à distances variables), ce qui constitue une ouverture vers le difficile défi du moteur de détonation qui devient une nécessité d'efficacité, car le carburant moderne, y compris l'hydrogène a tendance à brûler plus rapidement dans certains environnements. Le moteur de détonation QT-AC produit la courte impulsion de compression éclair (flash) nécessaire au déclenchement et est capable d'une récupération d'énergie de relaxation rapide. Il est intéressant de noter que QT-AC concilie un taux de compression élevé, tout en conservant un rapport surface/volume élevé en tant que facteur atténuant la pression de cale. En raison de sa nature sinusoïdale, le piston ne peut gérer qu'un processus de combustion relativement lent et partiel. En particulier pour la Détonation, le Piston est handicapé par sa faible fluidité de mouvement (Piston au repos) avec une plage de vitesse des composants extrêmes et des contraintes d'accélération-décélération, et malheureusement, la Détonation rapide doit se produire dans une zone de repos du Piston, alors que dans le QT-AC à Détonation (comme la combustion) il se produit dans la zone de déplacement de pale la plus rapide.

Contrairement au piston à combustion à 4 temps, dont les courses motrices sont entrelacées avec l'admission (couple négatif neutralisé par le volant), les courses motrices QT sont séquentielles et ininterrompues, le rotor agissant comme un volant solide conventionnel, sans aucun ajout requis. Le QT Low RPM High Torque nécessite une boîte de vitesses moins coûteuse dans de nombreuses applications. Le QT parfaitement équilibré et sans vibrations est non seulement pratique, mais contribue également à la robustesse et à la durabilité du moteur. Un petit nombre de pièces critiques dans la conception QT est toujours attrayant, limitant la vulnérabilité et réduisant les coûts de fabrication et de maintenance.

L'objectif du présent article est d'exposer le comportement non évident des composants internes du QT, et de situer la place des dispositifs QT dans le monde des moteurs modernes, y compris avec les réalisations actuelles de la Combustion et de la Détonation. Les QT-SC et AC actuels sont des cas étudiés avec une déformation modérée du rotor et des formes de stator régulières, mais la répartition des paramètres de la Quasiturbine est beaucoup plus large que celle des moteurs actuels comme Piston, et peut offrir un certain nombre de possibilités non encore explorées.

Références

[1] P. Sankar Subbaiah. "Scope of Quasiturbine-A Written Analysis ". IJRAR, Vol.5, Issue 2, 2018 https://ijrar. org/papers/IJRAR1CBP046.pdf

[2] Akash Ampat, Siddhant Gaidhani et al. "A Review on Application of the Quasiturbine Engine as a Replacement for the Standard Piston Engine ". International Ideas in Mechanical Engineering (ICIIIME 2017) IJRITCC Vol.5, Issue: 6, 2017 http://www.ijritcc. org

[3] Pranjal Yadav, Amit Tiwari et al. “Scope of Quasiturbine: A Review Analysis “. IJARSE Vol.06, 2017 https://www.researchgate. net/publication/326676184_Scope_of_Quasi_Turbine A_Review_Analysis
[4] Yogesh Khedkar, Sushant Pande. “Review of Quasiturbine Engine “. IJIRSET Vol.5, Issue 10,2016 http://quasiturbine. promci. qc. ca/QTPapiers/2016IJIRSETKhedkar Review of Quasiturbine Engine.pdf
[5] Patil Shital, Rananavare et al. “Review of Quasiturbine Rotary Air Engine “. IJRME Vol.3, Issue 2, 2015 https://iaeme. com/MasterAdmin/Journal_uploads/IJRME/VOLUME_3_ISSUE_2/IJRME_03_02_005.pdf
[6] K. M. Jagadale, Prof V. R. Gambhire. “A New Trend in Turbine Technology-Quasiturbine Rotary Air Engine”, International Journal for Technological Research in Engineering IJTRE, Vol.1, Issue 12, 2014. http://quasiturbine. promci. qc. ca/QTPapiers/2014IJFTRJagadaleTrendQuasiturbineAirEngine.pdf
[7] Chris VS Cars. “Quasiturbine, a Different take on the Rotary Engine “. (Video 5 min.), 2021 https://www.youtube. com/watch?v=NJrr6CxWQTc
[8] AM Gambelli, M Filipponi et al. “Performance analysis of a small-size CAES Quasiturbine system “. *AIP Conf. Proc.*2191, 020086, 2019 https://aip. scitation. org/doi/pdf/10.1063/1.5138819
[9] Pankaj Dahiya. “Study of Working and Construction of Quasiturbine Engines in Vehicles “. M. Tech. (Civil Engg.), CBS Group of Institutions, Jhajjar, Haryana https://docslib. org/doc/7733251/study-of-working-and-construction-of-quasi-turbine-engines-in-vehicles
[10] Kaushik Shailendra Bajaj, Shrikant U. Gunjal. “A Review on Six Stroke, High Efficiency Quasiturbine Engine “. Vol. No.2, Issue 03, 2016. http://ijirse. com/wp-content/upload/2016/02/401N.pdf
[11] K. M. Jagadale, Prof V. R. Gambhire. “Low Pressure High-Torque Quasiturbine Rotary Air Engine “. JIRSET Vol.3, Issue 8, 2014 www.ijirset. com https://docslib. org/doc/356643/low-pressure-high-torque-quasi-turbine-rotary-air-engine
[12] Saint-Hilaire et al. “Quasiturbine High Power Density Pump-Expander-Engine with Displacement Exceeding External Device Volume “. International Journal of Science and Research IJSR, Vol.11 Issue 7, 2022 https://www.ijsr.net/getabstract. php?paperid=SR22704112446
[13] Saint-Hilaire et al. “Quasiturbine Rotary Engine Stator Confinement Profile Computation and Analysis “. International Journal of Science and Research IJSR, Vol.10 Issue 3, 2021 https://www.ijsr.net/getabstract. php?paperid=SR21313004008
[14] Saint-Hilaire et al. “Quasiturbine Low RPM High-Torque Pressure Driven Turbine for Top Efficiency Power Modulation “. Turbine Institute and ASME-American Society. Review paper, 2007. http://quasiturbine. promci. qc. ca/QTPapiers/ASME2007QTMontreal.pdf
[15] Quasiturbine “Website “. http://www.quasiturbine. com
[16] B Castellani, E Morini et al. “Small-scale CAES compressed air energy storage Quasiturbine application for renewable energy integration in a listed building “. Energies 2018, *11* (7), 1921, 2018 https://doi. org/10.3390/en11071921
[17] G. Manfrida, R. Secch. “Performance Prediction of a Small-Size Adiabatic Compressed-Air Energy Storage System (2 kW Quasiturbine) “. International Journal of Thermodynamics (IJoT) Vol.18 (No.2), 2015
[18] Mohammed Akram. “Quasiturbine Rotor Development Optimization “. Thesis. UTHM 2014 http://eprints. uthm.edu. my/1537/1/24p%20MOHAMMED%20AKRAM%20MOHAMMED.pdf
[19] Kadam A. N., Mr. Jadhav S. S. “Quasiturbine Rotary Air Engine ”. IOSR Journal of Mechanical and Civil Engineering.2008 http://quasiturbine. promci. qc. ca/QTPapiers/2013IOSR-JMCE Jagadale Quasiturbine Rotary Engine Density.pdf
[20] Harry Valentine. “Using the Quasiturbine to Regulate Natural Gas Pipeline Pressure and Flow-rate “. Energy Central, 2005 https://energycentral. com/c/gn/using-quasiturbine-regulate-natural-gas-pipeline-pressure-and-flow-rate
[21] Brian Cowan. (Article) “Quasiturbine: Unusual Engines-Turbine Tale “. Engine Technology International Magazine, and the Stuttgart Engine-Expo Messe, Germany.2009 http://quasiturbine. promci. qc. ca/Presse/EngineTechIntl0609. htm
[22] William Harris. (Article) “How Quasiturbine Engines Work “. HowStuffWorks, 2005 https://auto. howstuffworks. com/quasiturbine. htm
[23] David H. Bode. (Article) “Quasiturbine Engine: Designated the 21st century engine “. Diesel Progress USA Magazine, 2000 http://quasiturbine. promci.qc.ca. ca/DieselUSA0004.html
[24] Mark Fletcher. (Article) “Quasiturbine Engine: Designated the 21st century engine “. Europea Automotive Design Magazine, 1999 http://quasiturbine. promci. qc. ca/EADSept99.html

Présentation des Auteurs

Gilles Saint-Hilaire Ph. D. Paris, Physique thermonucléaire

Roxan Saint-Hilaire MBA Berkeley, Design de Micropuces

Ylian Saint-Hilaire M. Sc. Montréal, Créateur de MeshCentral

Françoise Saint-Hilaire M. Let. Sorbonne, Documentation.

Tous sont à Quasiturbine Académie,
Montréal Québec H2K 4J9, Canada

Définition / Abréviation

QT-SC Sans Chariot

QT-AC Avec Chariots

MRDR – QT Max. Rotor Déformation Ratio

TDC-Top Dead Center (Piston)

BDC-Bottom Dead Center (Piston)

Pc-Pivot centre (QT Pivot)

Bc-Blade Pale centre (QT Pale)

NOTE: Cette divulgation scientifique ne constitue pas une autorisation de fabrication commerciale.